



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

# Offenlegungsschrift

⑯ DE 197 44 084 A 1

⑯ Int. Cl. 6:  
**B 60 R 21/32**  
G 01 C 9/00  
G 01 B 21/22  
G 01 P 9/00

⑯ Aktenzeichen: 197 44 084.3  
⑯ Anmeldetag: 6. 10. 97  
⑯ Offenlegungstag: 8. 4. 99

DE 197 44 084 A 1

⑯ Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑯ Erfinder:

Breunig, Volker, 74078 Heilbronn, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

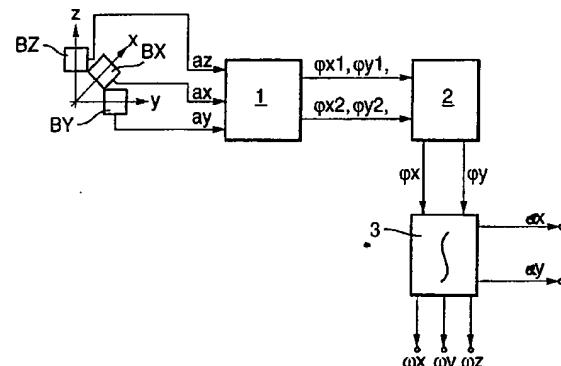
⑯ Verfahren und Anordnung zum Ermitteln der Inertiallage eines Fahrzeugs

⑯ Es soll die Inertiallage eines Fahrzeugs ermittelt werden, wobei Störeinflüsse durch dynamische Fahrzeugbewegungen möglichst weitgehend ausgeschlossen sein sollen. Dies erfolgt dadurch, daß die Beschleunigungen ( $az$ ,  $ay$ ,  $ax$ ) des Fahrzeugs in Richtung seiner Hochachse (z) und in Richtung seiner Quer- (y) und/oder Längsachse (x) gemessen werden und daß der Lagewinkel ( $\phi_x$ ) des Fahrzeugs (FZ) bezüglich seiner Längsachse (x) und/oder der Lagewinkel ( $\phi_y$ ) bezüglich seiner Querachse (y) sowohl aus der Beschleunigung ( $ay$ ,  $ax$ ) in Richtung der Querachse (y) bzw. Längsachse (x) als auch aus der Beschleunigung ( $az$ ) in Richtung der Hochachse (z) nach folgenden Beziehungen ermittelt wird:

$$\phi_{x1} = \arcsin \left( \frac{ay}{g} \right), \quad \phi_{y1} = \arcsin \left( \frac{ax}{g} \right) \quad (1)$$

$$\phi_{x2} = \arccos \left( \frac{az}{g} \right), \quad \phi_{y2} = \arccos \left( \frac{az}{g} \right) \quad (2)$$

Als Inertial-Lagewinkel ( $\phi_x$ ,  $\phi_y$ ) wird der kleinere der beiden Winkel  $\phi_{x2}$  und  $\phi_{x1}$  bzw.  $\phi_{y2}$  und  $\phi_{y1}$  angenommen.



DE 197 44 084 A 1

## Beschreibung

## Stand der Technik

5 In der nicht vorveröffentlichten deutschen Patentanmeldung 196 09 717.1 ist eine Anordnung zum Erkennen von Überrollvorgängen bei Fahrzeugen beschrieben. Falls es zu einem Überschlag eines Fahrzeugs kommt, müssen im Fahrzeug installierte Schutzeinrichtungen rechtzeitig ausgelöst werden; dazu gehören z. B. Überrollbügel, Gurtstraffer und verschiedene Airbags. Damit all diese Schutzeinrichtungen rechtzeitig ausgelöst werden können, muß möglichst früh erkannt werden, ob Drehungen des Fahrzeugs um seine Hochachse, seine Längsachse und seine Querachse zu einem Über-  
 10 schlag führen. Fehlentscheidungen eines Überrollvorganges müssen soweit wie möglich ausgeschlossen werden, so daß die Rückhalteeinrichtungen dann nicht ausgelöst werden, wenn z. B. das Fahrzeug an einem steilen Hang steht oder langsame Drehvorgänge bei Kurvenfahrten erfährt. Damit es nicht zu Fehlentscheidungen bei der Überrollsensierung kommt, muß die Inertiallage, das heißt die Ausgangslage des Fahrzeugs relativ zum erdfesten Koordinatensystem, bekannt sein. Die Überrollsensierung muß erkennen, ob Drehbewegungen des Fahrzeugs aus dieser Inertiallage heraus so  
 15 groß sind, daß es zu einem Überschlag des Fahrzeugs kommt. Zur Vermeidung von Fehlentscheidungen bei der Überrollsensierung ist es daher wichtige, die Inertiallage des Fahrzeugs möglichst exakt zu bestimmen. Langsame dynamische Fahrzeugbewegungen, wie z. B. Auffahren auf eine Böschung, Fahren in einer Steilkurve, Brems- oder Beschleunigungsvorgänge sollten deshalb die Ermittlung der Inertial-Lagewinkel des Fahrzeugs nicht beeinflussen. Deshalb liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Anordnung der eingangs genannten Art anzugeben, wobei  
 20 Störeinflüsse bei der Ermittlung der Fahrzeuginertiallage möglichst weitgehend ausgeschlossen werden.

## Vorteile der Erfindung

Die genannte Aufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. des Anspruchs 3 dadurch gelöst, daß die Be-  
 25 schleunigungen des Fahrzeugs in Richtung seiner Hochachse und in Richtung seiner Quer- und/oder seiner Längsachse gemessen werden und daß der Lagewinkel des Fahrzeugs bezüglich seiner Längsachse und/oder der Lagewinkel bezüglich seiner Querachse sowohl aus der Beschleunigung in Richtung der Querachse bzw. Längsachse als auch aus der Beschleunigung in Richtung der Hochachse ermittelt wird. Von den beiden auf verschiedene Arten ermittelten Lagewinkel wird der kleinere als Inertial-Lagewinkel angenommen. Eine dynamische Lageveränderung des Fahrzeugs wird sich in  
 30 der Regel nur auf den nach einem der beiden Algorithmen ermittelten Lagewinkel auswirken, so daß der andere Lagewinkel mit großer Wahrscheinlichkeit die Inertiallage des Fahrzeugs unverfälscht wiedergibt. Die beiden Algorithmen für die Ermittlung des Lagewinkels bieten ebenso eine Redundanz, falls ein Beschleunigungssensor fehlerhaft arbeitet.  
 Bei Überrollvorgängen handelt es sich in der Regel um sehr schnelle Lageänderungen des Fahrzeugs, die am besten durch Drehratenmessungen erfaßt werden können. Aus den gemessenen Drehraten werden dann die Lagewinkel durch  
 35 Integration abgeleitet, und anhand dieser Lagewinkel wird entschieden, ob es zu einem Überschlag des Fahrzeugs kommt. Damit bei der Integration der gemessenen Drehraten nicht auch für einen Überrollvorgang unkritische langsame dynamische Fahrzeugbewegungen mit einfließen und die daraus folgenden Lagewinkel nicht zu einer Fehlentscheidung eines Überrollvorgangs führen, ist es gemäß einem Unteranspruch zweckmäßig, die Integration der Drehraten mit dem (den) ermittelten Inertial-Lagewinkel(n) zu starten.  
 40 Anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels wird nachfolgend die Erfindung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 Beschleunigungskomponenten eines Fahrzeugs bezüglich seiner Quer- und seiner Hochachse,  
 Fig. 2 Beschleunigungskomponenten eines Fahrzeugs bezüglich seiner Längs- und Hochachse und  
 Fig. 3 ein Funktionsdiagramm zur Ermittlung der Inertial-Lagewinkel eines Fahrzeugs.

45 In der Fig. 1 ist symbolisch ein Fahrzeug FZ von seiner Vorderseite her und in der Fig. 2 dasselbe Fahrzeug FZ von seiner Längsseite her dargestellt. Das in den Fig. 1 und 2 eingezeichnete Koordinatensystem kennzeichnet die Hochachse z, die Längsachse x und die Querachse y des Fahrzeugs. Steht das Fahrzeug still oder bewegt es sich nur sehr langsam, so wirkt nur die Erdbeschleunigung g auf das Fahrzeug FZ. Werden im Fahrzeug die Beschleunigungen in Richtung seiner Hochachse z, seiner Längsachse x und seiner Querachse y gemessen, so sind diese einzelnen gemessenen Be-  
 50 schleunigungen Komponenten des Erdbeschleunigungsvektors g. Ist, wie in Fig. 1 dargestellt, das Fahrzeug FZ bezüglich seiner Längsachse x gekippt, so resultiert aus dem Erdbeschleunigungsvektor g eine Beschleunigungskomponente az in Richtung der Hochachse z und eine Beschleunigungskomponente ay in Richtung der Querachse y. Bei einer in Fig. 2 dargestellten Neigung des Fahrzeugs FZ um seine Querachse y resultieren aus dem Erdbeschleunigungsvektor g eine Beschleunigungskomponente az in Richtung der Hochachse z und eine Beschleunigungskomponente ax in Richtung der  
 55 Längsachse x des Fahrzeugs.

Die Inertiallage des Fahrzeugs FZ orientiert sich an dem Beschleunigungsvektor g, dessen Betrag und Richtung feststehen. Der Neigungswinkel  $\varphi_y$  des Fahrzeugs um seine Längsachse x bezogen auf den Erdbeschleunigungsvektor g und der Neigungswinkel  $\varphi_x$  des Fahrzeugs um seine Querachse y bezogen auf den Erdbeschleunigungsvektor g werden als Inertial-Lagewinkel bezeichnet. Wirkt ausschließlich der Erdbeschleunigungsvektor g auf das Fahrzeug FZ, so lassen sich die Inertiallagewinkel  $\varphi_x$  und  $\varphi_y$ , wie weiter unten noch gezeigt wird, fehlerfrei aus den gemessenen Beschleunigungskomponenten az, ax, ay bestimmen. Auf das Fahrzeug FZ wirkt aber nur dann allein die Erdbeschleunigung g, wenn entweder das Fahrzeug steht oder sich gleichförmig bewegt.

Bei einer dynamischen Fahrzeugbewegung, z. B. bei einer Kurvenfahrt oder einem Brems- oder Beschleunigungsvor-  
 60 gang, erfährt das Fahrzeug FZ weitere Beschleunigungskomponenten in Richtung seiner drei Achsen. In der Fig. 1 ist angedeutet, daß das Fahrzeug in Richtung seiner Querachse y eine zusätzliche Beschleunigungskomponente ay' erfährt, wenn das Fahrzeug auf der schrägen Ebene in einer Kurve fährt und dadurch eine Zentrifugalbeschleunigung erfährt. Der aus den gemessenen Beschleunigungskomponenten az und ay + ay' resultierende Vektor ar weicht nun vom Erdbeschleunigungsvektor g ab. Ein aus dem Beschleunigungskomponenten az und ay + ay' berechneter Inertial-Lagewinkel würde

als nicht mehr die korrekte Inertiallage bezogen auf den Erdbeschleunigungsvektor  $g$  wiedergeben. Wie auch in einem solchen Fall trotzdem noch Inertial-Lagewinkel ermittelt werden können, welche die tatsächliche Inertiallage des Fahrzeugs annähernd fehlerfrei beschreiben, wird nachfolgend anhand der Fig. 3 erläutert.

Beschleunigungssensoren BX, BY und BZ im Fahrzeug messen die Beschleunigungen  $ax$ ,  $ay$  und  $az$  in Richtung der Längsachse x, der Querachse y und der Hochachse z des Fahrzeugs. Im Funktionsblock 1 werden aus den einzelnen Beschleunigungskomponenten  $ax$ ,  $ay$  und  $az$  die Lagewinkel  $\varphi x1$  und  $\varphi x2$  und/oder die Lagewinkel  $\varphi y1$  und  $\varphi y2$  gemäß den nachfolgenden Gleichungen (1) und (2) berechnet.

$$\varphi x1 = \arcsin \left( \frac{ay}{g} \right), \quad \varphi y1 = \arcsin \left( \frac{ax}{g} \right) \quad (1)$$

10

$$\varphi x2 = \arccos \left( \frac{az}{g} \right), \quad \varphi y2 = \arccos \left( \frac{az}{g} \right) \quad (2)$$

15

Kommt es nun aufgrund einer dynamischen Fahrzeugbewegung zu einer in Richtung der Längsachse x oder der Querachse y neben der aus der Erdbeschleunigung  $g$  resultierenden Beschleunigung zusätzlichen Beschleunigungskomponente, so ist der ermittelte Lagewinkel  $\varphi x1$  bzw.  $\varphi y1$  größer als der eigentliche Lagewinkel, nämlich der Inertial-Lagewinkel des Fahrzeugs.

Der auf die Erdbeschleunigung  $g$  zurückzuführenden Beschleunigung  $az$  in Richtung der Hochachse z des Fahrzeugs kann auch eine zusätzliche Beschleunigungskomponente überlagert sein, die sich z. B. ergibt, wenn das Fahrzeug durch ein Schlagloch fährt. In diesem Fall würde der gemäß Gleichung (2) berechnete Lagewinkel  $\varphi x2$  bzw.  $\varphi y2$  größer sein als der tatsächlich vorliegende Inertial-Lagewinkel. Um trotz dieser Problematik einen Lagewinkel  $\varphi x$  bzw.  $\varphi y$  ermitteln zu können, der die tatsächliche Inertiallage des Fahrzeugs mit einem möglichst geringen Fehler wiedergibt, wird im Funktionsblock 2 der kleinere der beiden berechneten Lagewinkel  $\varphi x1$  und  $\varphi y2$  bzw. der Lagewinkel  $\varphi y1$  und  $\varphi y2$  ausgewählt und dieser kleinere Lagewinkel als Inertial-Lagewinkel  $\varphi x$  bzw.  $\varphi y$  übernommen. Der kleinere von den beiden berechneten Lagewinkel  $\varphi x1$ ,  $\varphi x2$  bzw.  $\varphi y1$ ,  $\varphi y2$  entspricht mit einer höheren Wahrscheinlichkeit dem tatsächlichen Inertialwinkel  $\varphi x$  bzw.  $\varphi y$  als der größere berechnete Lagewinkel, weil dieser wohl aus einer additiven Beschleunigungskomponente hervorgeht, die auf eine dynamische Fahrzeugbewegung zurückzuführen ist.

Der zuvor bestimmte Inertial-Lagewinkel  $\varphi x$  bzw.  $\varphi y$  kann vorzugsweise im Funktionsblock 3 bei einer Überrollensierung verwendet werden. Bei Überrollvorgängen handelt es sich in der Regel um sehr schnelle Lageänderungen des Fahrzeugs, die am besten durch die Messung der Drehraten  $\omega x$  um die Längsachse x,  $\omega y$  um die Querachse y und  $\omega z$  um die Hochachse z des Fahrzeugs erfaßt werden können. Aus den gemessenen Drehraten  $\omega x$ ,  $\omega y$  und  $\omega z$  werden dann die Lagewinkel  $\alpha x$ ,  $\alpha y$  durch Integration abgeleitet und anhand dieser Lagewinkel entschieden, ob es zu einem Überschlag des Fahrzeugs kommt und deshalb Rückhalteeinrichtungen (z. B. Airbags, Sicherheitsgurte) ausgelöst werden müssen. Damit bei der Integration der gemessenen Drehraten  $\omega x$ ,  $\omega y$ ,  $\omega z$  nicht auch für einen Überrollvorgang unkritische dynamische Fahrzeugbewegungen miteinfließen und die daraus folgenden Lagewinkel  $\alpha x$ ,  $\alpha y$  nicht zu einer Fehlentscheidung bezüglich eines Überrollvorgangs führen, ist es zweckmäßig, die Integration der Drehraten mit den ermittelten Inertial-Lagewinkel  $\varphi x$ ,  $\varphi y$  zu starten.

#### Patentansprüche

45

##### 1. Verfahren zum Ermitteln der Inertiallage eines Fahrzeugs, dadurch gekennzeichnet,

- daß die Beschleunigungen ( $az$ ,  $ay$ ,  $ax$ ) des Fahrzeugs (FZ) in Richtung seiner Hochachse (z) und in Richtung seiner Quer- (y) und/oder Längsachse (x) gemessen werden,
- daß der Lagewinkel ( $\varphi x$ ) des Fahrzeugs (FZ) bezüglich seiner Längsachse (x) und/oder der Lagewinkel ( $\varphi y$ ) bezüglich seiner Querachse (y) sowohl aus der Beschleunigung ( $ay$ ,  $ax$ ) in Richtung der Querachse (y) bzw. Längsachse (x) als auch aus der Beschleunigung ( $az$ ) in Richtung der Hochachse (z) nach folgenden Beziehungen ermittelt wird:

$$\varphi x1 = \arcsin \left( \frac{ay}{g} \right), \quad \varphi y1 = \arcsin \left( \frac{ax}{g} \right) \quad (1)$$

55

$$\varphi x2 = \arccos \left( \frac{az}{g} \right), \quad \varphi y2 = \arccos \left( \frac{az}{g} \right) \quad (2)$$

60

- und daß als Inertial-Lagewinkel ( $\varphi x$ ,  $\varphi y$ ) der kleinere der beiden Winkel  $\varphi x1$  und  $\varphi x2$  bzw.  $\varphi y1$  und  $\varphi y2$  angenommen wird.

65

##### 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Herleitung eines Drehwinkels ( $\alpha x$ ) um die

# DE 197 44 084 A 1

Fahrzeug-Längsachse (x) und/oder eines Drehwinkels ( $\phi y$ ) um die Fahrzeug-Querachse (y) durch Integration (3) einer oder mehrerer gemessener Drehraten ( $\omega x$ ,  $\omega y$ ,  $\omega z$ ) die Integration mit dem (den) ermittelten Lagewinkel(n) ( $\phi x$ ,  $\phi y$ ) gestartet wird.

3. Anordnung zum Ermitteln der Inertiallage eines Fahrzeugs, dadurch gekennzeichnet,

- 5 – daß Beschleunigungssensoren (BZ, BY, Bx) die Beschleunigungen (az, ay, ax) des Fahrzeugs (FZ) in Richtung seiner Hochachse (z) und in Richtung seiner Quer- (y) und/oder Längsachse (x) messen,
- daß Mittel (1, 2) vorhanden sind, welche den Lagewinkel ( $\phi x$ ) des Fahrzeugs (FZ) bezüglich seiner Längsachse (x) und/oder den Lagewinkel ( $\phi y$ ) bezüglich seiner Querachse (y) sowohl aus den Beschleunigungen (ay, ax) in Richtung der Querachse (y) bzw. Längsachse (x) als auch aus der Beschleunigung (az) in Richtung der Hochachse (z) nach folgenden Beziehungen herleiten:

$$\phi x1 = \arcsin \left( \frac{ay}{g} \right), \quad \phi y1 = \arcsin \left( \frac{ax}{g} \right) \quad (1)$$

15

$$\phi x2 = \arccos \left( \frac{az}{g} \right), \quad \phi y2 = \arccos \left( \frac{az}{g} \right) \quad (2)$$

20

- und daß die Mittel (1, 2) den kleineren der beiden Winkel  $\phi x1$  und  $\phi x2$  bzw.  $\phi y1$  und  $\phi y2$  als Inertial-Lagewinkel ( $\phi x$ ,  $\phi y$ ) bestimmen.

25

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

30

35

40

45

50

55

60

65

**- Leerseite -**

Fig. 1

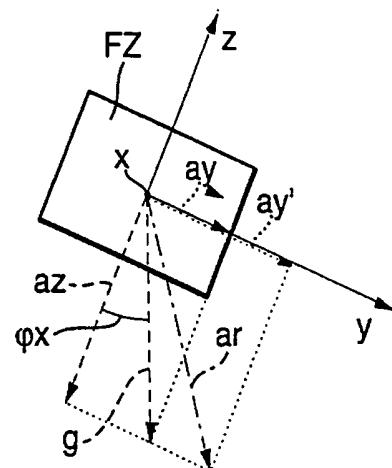


Fig. 2

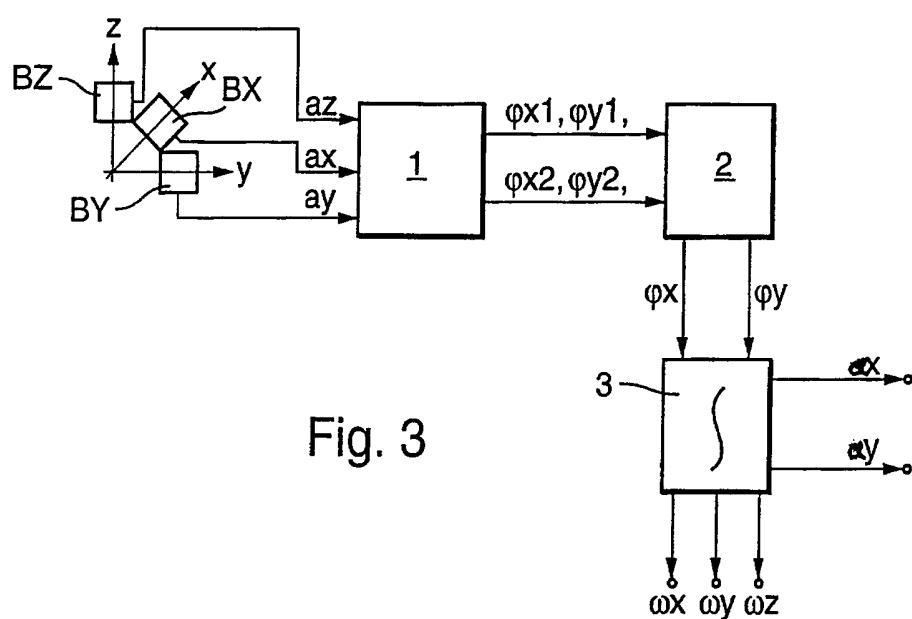
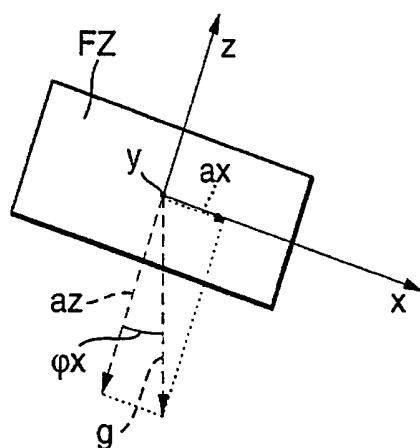
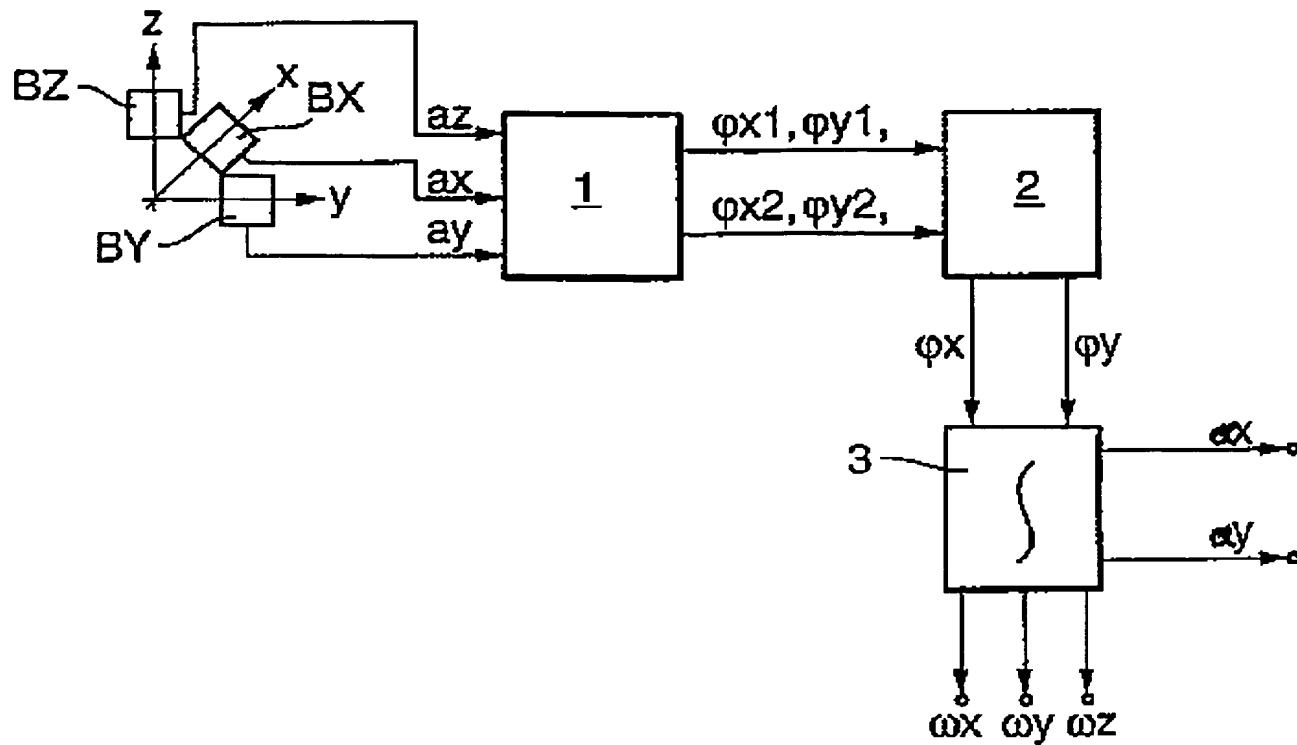


Fig. 3

AN: PAT 1999-245152  
TI: Determining inertial condition of vehicle by measuring accelerations in three axes  
PN: DE19744084-A1  
PD: 08.04.1999  
AB: NOVELTY - The position angle ( phi x) of the vehicle (FZ) is determined relative to its longitudinal axis (x) and/or the position angle ( phi y) relative to its transverse axis (y) as well as from the acceleration (ay,ax) in the direction of the transverse axis (y) of the longitudinal axis (x), as also from the acceleration (az) in the direction of the vertical axis of plane (z), according to the following equations: (1) phi x1 = arcsin (ay/g), phi y1 = arcsin (ax/g) (2) phi x2 = arccos (az/g) , phi y2 = arccos (az/g) Also as inertial position angles ( phi x, phi y), the smaller of both angles ( phi x1 and phi x2 or phi y1 and phi y2) is adopted.; USE - Facilitates exact determination of inertial condition of vehicle so that in event of impact or collision risk of rolling over or other possible movements can be excluded. ADVANTAGE - Disturbance influences with determining of vehicle inertial condition are excluded as far as possible. DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure 3 shows a block diagram.  
PA: (BOSC ) BOSCH GMBH ROBERT;  
IN: BREUNIG V;  
FA: DE19744084-A1 08.04.1999; DE59808450-G 26.06.2003;  
WO9917964-A1 15.04.1999; EP942855-A1 22.09.1999;  
JP2001507656-W 12.06.2001; EP942855-B1 21.05.2003;  
CO: AT; BE; CH; CY; DE; DK; EP; ES; FI; FR; GB; GR; IE; IT; JP;  
LU; MC; NL; PT; SE; US; WO;  
DN: JP; US;  
DR: AT; BE; CH; CY; DE; DK; ES; FI; FR; GB; GR; IE; IT; LU; MC;  
NL; PT; SE;  
IC: B60K-028/14; B60R-021/01; B60R-021/13; B60R-021/32;  
G01B-021/22; G01C-009/00; G01P-009/00;  
MC: S02-A08D; S02-B03; S02-G01;  
DC: Q13; Q17; S02;  
FN: 1999245152.gif  
PR: DE1044084 06.10.1997;  
FP: 08.04.1999  
UP: 05.08.2003

**THIS PAGE BLANK (USPTO;**



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**